

Y 元素对均匀态 Mg-6Zn-0.25Ca 镁合金耐蚀性能的影响

郭树国¹, 刘全¹, 贾征², 寇荣辉², 刘绪栋¹

(1 沈阳化工大学机械与动力工程学院, 辽宁沈阳 110142)

(2 沈阳大学机械工程学院, 辽宁沈阳 110044)

摘要: 本文研究了 Y 元素对均匀化 Mg-6Zn-0.25Ca 合金耐蚀性能的影响。通过 XRD、OM、SEM、失重、析氢和极化曲线实验研究了均匀化 Mg-6Zn-0.25Ca 和 Mg-6Zn-1Y-0.25Ca 两种合金的微观组织及耐蚀性能。研究表明均匀态 Mg-6Zn-0.25Ca 合金的第二相是 Mg₂Ca, 加入 Y 元素后晶粒平均尺寸稍有变大, Mg₂Ca 相减少, 还生成新的第二相 Mg₁₂ZnY、Mg₃Y₂Zn₃, 并且第二相体积分数增加且分布更加均匀, 这使得在腐蚀试验中镁基体上形成更加致密的腐蚀膜, 该腐蚀膜可以起到屏障作用, 新生成的 Mg₁₂ZnY、Mg₃Y₂Zn₃, 都分布在晶界附近或晶枝间, 电化学性能较低。这些使得 Mg-6Zn-0.25Ca 合金在 3.5% NaCl 的溶液中氢气析出量减少, 增加 Y 元素使 Mg-6Zn-0.25Ca 合金的自腐蚀电位提高, 并且减小自腐蚀电流密度, 即有效的增强了均匀态 Mg-6Zn-0.25Ca 合金的耐蚀性能。所以 Mg-6Zn-1Y-0.25Ca 合金的耐蚀性能远高于 Mg-6Zn-0.25Ca 合金。

关键词: Mg-6Zn-0.25Ca 合金; Mg-6Zn-Y-0.25Ca 合金; 均匀化; 耐蚀性能; Mg₂Ca 相

中图分类号: TG146.22 **文献标识码:** A **文章编号:** 20240131

镁合金的高比强度、高比刚度、阻尼性能好, 在汽车制造、航空航天、通讯等方面具有广阔的应用前景^[1]。其中 Mg-Zn 系合金析出强化方面有较好优势且成本低^[2], 同时 Mg-Zn 系合金有高强度、耐蚀性好等特点, 因此它的应用前景比较好。但是 Mg-Zn 系合金存在着机械性能差, 易产生微孔及热裂等问题^[3]。想要增强镁合金的耐腐蚀性主要有两种方法^[4]: 第一种方法是增加新元素来改变合金组织性能以此来增强镁合金的耐腐蚀性能, 第二种方法是通过在镁合金表面添加保护膜, 防止镁和空气接触来增强镁合金的耐腐蚀性能, 但是第二种方法比较复杂, 一般情况下需要通过合金化来提高镁合金的耐腐蚀性能。

碱土元素 Ca 可以使得镁合金晶粒得到细化并使得合金组织更加均匀, 合金的拉伸性能也能得到相应的提高^[5], 正因为这些特点使其在镁合金的应用中受到广泛关注。龚晓毅等^[6]研究了 Ca 对 Mg-6Zn 合金组织与力学性能的影响, 发现了钙元素的加入使合金的显微组织有了显著的细化, 拉伸强度、屈服强度、延伸率都有了很大的提高。丁雨田等^[7]研究发现加入 2.0%Zn 和 0.5%Ca 的合金具有最佳的耐腐蚀性能。李雷等^[8]研究发现加入 Ca 元素后使得镁合金的力学性能和耐腐蚀性能先加强后减弱, 其中 Mg-2.1Zn-0.22Ca 合金的耐腐蚀性能较好。

稀土 Y 的加入可明显减少镁合金的腐蚀速率^[9]。解瑞军等^[10]研究发现在 AZ91D 合金中加入 Y 元素可以明显降低合金腐蚀速率。刘松等^[11]研究发现, 加入稀土 Y 元素使得镁合金的晶粒得到细化, 增强其耐腐蚀性能。马宏等^[12]研究发现在 AJ61 镁合金中, 加入稀土 Y 后, 晶粒变细, 抗腐蚀性有了显著提高, Y 含量在 0-1.5 之间随着 Y 含量的增加耐腐蚀性能增强。Xu X C 等^[13]研究发现添加 Y 元素的 AZ61 合金可以使晶粒得到细化, 并且形成熔点高的第二相来改变相的分布, 此外, 添加 Y 能有效地降低在 NaCl 溶液下 AZ61 镁合金的侵蚀电流, 显著改善其耐蚀性。袁俊文等^[14]研究发现 Y 的添加可以细化合金晶粒尺寸, 还能够减小合金的自腐蚀电流密度, 当 Y 含量为 1.5% 耐腐蚀性能最佳。

热处理能够显著提高镁合金的耐腐蚀性能^[15]。Shahri S M G^[16]研究对 Mg-6Zn 进行均匀化处理发现均匀化 24h 后合金耐蚀性相较于铸态合金提高了 60% 以上。庞浩等人^[17]发现通过对 Mg-Gd-Y-Zr 合金的固溶和时效处理, 发现其耐蚀性得到提高, 固溶后的耐蚀性最好, 且腐蚀程度更轻。因此, 本文章通过失重、析氢以及电化学实验研究对比均匀化态 Mg-6Zn-0.25Ca(10K) 和 Mg-6Zn-1Y-0.25Ca(6K) 两种合金的显微组织及耐蚀性能。

项目基金: 国家自然科学基金青年科学基金: 52201131; 辽宁省科技厅自然科学基金 2022-MS-253

第一作者简介: 郭树国, 男, 1978 年生, 博士, 教授, 沈阳化工大学机械与动力工程学院, 辽宁 沈阳 110142, E-mail: guoshuguo@126.com

通讯作者简介: 贾征, 男, 1982 年生, 博士, 教授, 沈阳大学机械工程学院, 辽宁 沈阳 110044, E-mail: jz140@163.com

1 实验部分

实验分别制备了 3 千克的 Mg-6Zn-0.25Ca (10K) 合金和 Mg-6Zn-Y-0.25Ca (6K) 两种合金。其制备方法为: 在预热的坩埚中投加纯镁 (99.9%), 然后将坩埚加热至 750°C, 使纯镁 (99.9%) 全部融化, 冷却到 710°C, 然后去渣, 然后按顺序添加 Mg-25%Ca 合金、Zn 块、Mg-30%Y 合金, 搅拌 2-3 分钟, 放置 20 分钟后, 在混合气体的保护下, 将其倒入钢模具内。在冷却到室温之后使锭料均匀化, 将 SG-XL1200 设备加热到 400°C 时, 放入铸锭保温 400°C 持续 12 小时, 随后取出立即水淬, 获得实验铸锭。合金样品化学成分检测结果如表 1 所示。

表 1 镁合金化学成分结果

Alloy	Zn	Ca	Y	Mg
Mg-6Zn-0.25Ca	5.73	0.246	0	Bal.
Mg-6Zn-Y-0.25Ca	5.5	0.322	1.01	Bal.

利用线切割切出 10mm 的正方体样品进行取样分析, 取样位置全部在铸锭的中央位置如图 1。采用德国布鲁克 D8 ADVANCE 型多晶 X 射线衍射仪进行物相分析: 对试样进行打磨、抛光, 然后使用苦味酸溶液 (4.2g 苦味酸、10ml 蒸馏水、10ml 乙酸和 70ml 酒精) 对合金腐蚀直至合金表面出现明显晶界, 然后采用 AE2000MET 金相显微镜和 JSM-IT800 型扫描电子显微镜设备来观察相相貌, 同时用附带的能谱仪检测物相成分。

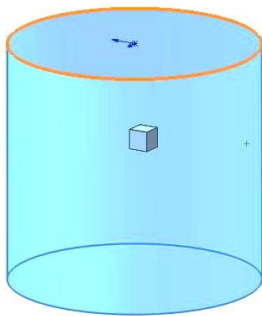


图 1 取样位置示意图

Fig.1 Schematic diagram of the sampling location

浸泡试验过程如下: 将 10mm×10mm×10mm 的试件所有表面打磨至无划痕, 将抛光后的试件浸泡在 3.5% NaCl 的溶液中 24 小时, 用滴定管采集氢气, 并且每 2 小时做一次记录。为了保证溶液的浓度稳定, 在每隔 12 小时进行一次 NaCl 溶液更换, 然后在配制的铬酸盐溶液中进行 10 分钟的超声洗涤, 烘干后测质量。然后通过公式(a)计算合金的失重速率 L_W 然后通过公式(b)计算析氢速率 L_H 。

$$L_W = \frac{8.76 \times 10^4 \Delta g}{At\rho} \quad (a)$$

$$L_H = \frac{8.76 \times 10^4 \Delta V M}{At\rho} \quad (b)$$

式中: L_W -失重腐蚀速率: mm a^{-1} ; Δg -合金腐蚀前后质量损失, g; ΔV -腐蚀过程中氢气总析出量, ml; M-氢气产生速率与合金质量损失速率之间的关系, 其值为 0.001 083, g mL^{-1} ; A-浸泡试样总表面积, cm^2 ; t-浸泡时间:h; ρ -失重测量试样密度: g cm^{-3} 。

2 结果与分析

2.1 显微组织

图 2 为 6K 和 10K 两种合金的 XRD 图谱。由图 2 可知 10k 合金由 α -Mg 和第二相 Mg_2Ca 组成, 这与闫雪等^[18]发现的在铸态合金中, 除了 α -Mg 基体, 还检测到了 Mg_2Ca 和 $\text{Ca}_2\text{Mg}_6\text{Zn}_3$ 两种第二相的存在, 均匀化处理后 $\text{Ca}_2\text{Mg}_6\text{Zn}_3$ 相溶解在 α -Mg 基体中的研究结果相同。袁卫华等^[19]研究了 Y 对 Mg-Zn 合金组织和力学性能的影响, 发现了合金由 α -Mg 和第二相 $\text{Mg}_3\text{Zn}_6\text{Y}$ 、 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ 组成, 但随着 Y 含量的变化合金的第二相由 $\text{Mg}_3\text{Zn}_6\text{Y}$ 、 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ 相过渡到 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ 相和 Mg_{12}YZn 相。基于袁卫华老师的研究成果和我们 XRD 实验, 由图 2 可知均匀化 6k 合金由 α -Mg、 Mg_{12}ZnY 、 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ 组成。均匀化 10K 合金主要存在第二相为 Mg_2Ca 相, 加入 Y 元素后形成新的第二相 Mg_{12}ZnY 、 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$, 并且合金第二相体积分数增加, 但 Y 元素的加入使得 Mg_2Ca 相减少。

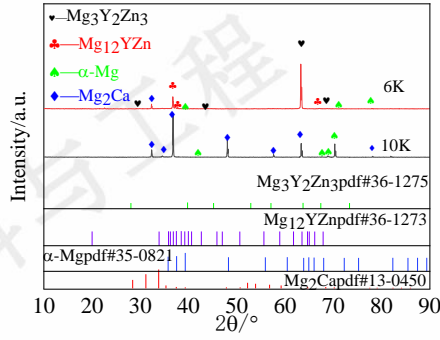
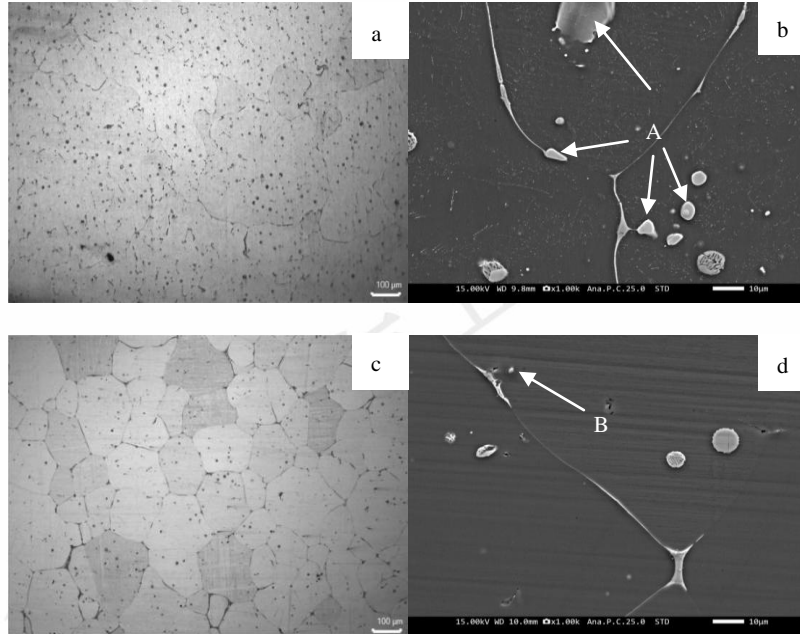


图 2 两种合金的 X 射线衍射图谱

Fig 2 X-ray diffraction patterns of two alloys

图 3 为 6K 和 10K 两种合金的显微组织及 SEM-EDS 分析图。10k 合金的平均晶粒尺寸为 $135\mu\text{m}$ ，晶粒细小且均匀，合金中存在大量白色颗粒状 Mg_2Ca 相，且第二相 Mg_2Ca 主要分布在晶粒上。添加 1% Y 元素后，晶粒尺寸稍有变大且不均匀，晶粒尺寸为 $166\mu\text{m}$ ，有 Mg_{12}ZnY 、 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ 相析出，使得 Mg_2Ca 相减少，并且 6K 合金的第二相的体积分数相比于 10K 合金明显增加，如图 3a (6K 合金金相图), 3c (10K 合金金相图)

所示。此结果与 Suyun X 等人^[20]研究发现的“在镁合金中加入超过 0.7% 的 Y 元素会使镁合金的晶粒尺寸变大”结论相符合。图 3b、3d 是 6K 合金和 10K 合金的扫描电镜图。图 3e, 3f 是对 A、B 能谱分析结果图，加入 1% Y 元素后形成了立方结构和六边形结构的 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ 相和 Mg_{12}ZnY 相，如 A 点；B 点是亮白色颗粒状 Mg_2Ca 相。



Point A	Wt/%	At%
Mg	62.06	83.02
Zn	23.22	11.55
Y	14.72	5.43
Total	100.00	

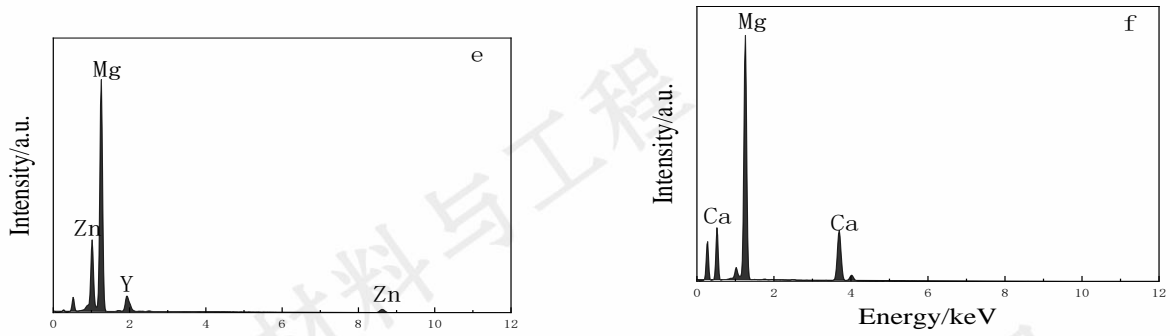
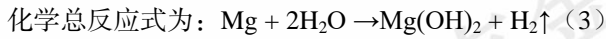


图 3 金相组织和扫描电镜图及能谱分析

Fig 3 Metallographic structure and scanning electron microscopy and energy spectrum analysis

2.2 耐腐蚀性能

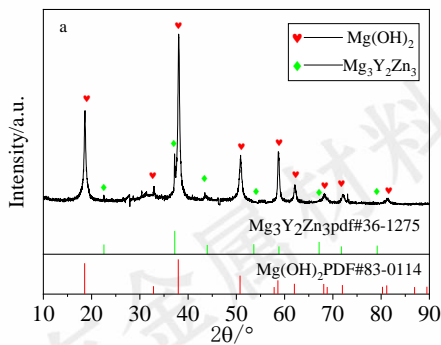
图 4 是两种合金腐蚀产物 XRD 分析图，其中图 4a 为 6K 合金腐蚀产物 XRD 分析图，图 4b 为 10K 合金腐蚀产物 XRD 分析图。两种合金在 3.5%NaCl 水溶液中腐蚀的化学反应式都为^[21]：



通过图 4 可以看出两种合金的腐蚀产物都有 Mg(OH)_2 ，但是 6K 合金的腐蚀产物除了含有 Mg(OH)_2 以外还含有少量的 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ ，这因为 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ 相周围的 $\alpha\text{-Mg}$ 相被腐蚀成 Mg(OH)_2 导致 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ 相脱落。在图 4a 中有 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ 这也能侧面的反映出第二相 $\text{Mg}_3\text{Y}_2\text{Zn}_3$ 相不容易被腐蚀，可以提高合金的耐腐蚀性能。

图 5 是在 3.5%NaCl 水溶液中 24 小时浸泡后 6K 和 10K 合金的宏观相片及扫描电镜照片。从图 5a (6K 宏

观表面图)、5b (10K 宏观表面图) 中可以看出，10K 合金的腐蚀更严重，在腐蚀产物脱落处可以看到腐蚀坑。与 10K 合金相比，6K 合金表面受侵蚀程度更轻，且无明显的腐蚀坑。从图 5c (6K 合金 1000 倍扫描电镜图) 和 5d (10K 合金 1000 倍扫描电镜图) 可知，10K 合金腐蚀区域大于 6K 合金腐蚀区域。结果显示，10K 合金受侵蚀程度较大，6K 合金受侵蚀程度相对较小，其原因通过图 5e (6K 合金 10000 倍扫描电镜图)、5f (10K 合金 10000 倍扫描电镜图) 对比可知：10K 合金在高倍镜下观察的腐蚀产物膜疏松多孔形貌为花朵状，由于 Y 的加入，使 10K 合金生成了更密实的腐蚀产物膜，对基体起到了很好的保护作用，再高倍镜下观察到 6K 合金的腐蚀产物膜是致密的由短条交织在一起形成的。



Point B	Wt/%	At%
Mg	65.62	75.91
Ca	34.38	24.09
Total	100.00	

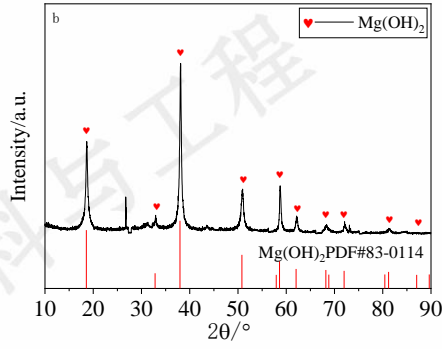


图 4 两种合金腐蚀产物 XRD 分析图

Fig.4. XRD analysis of corrosion products of the two alloys

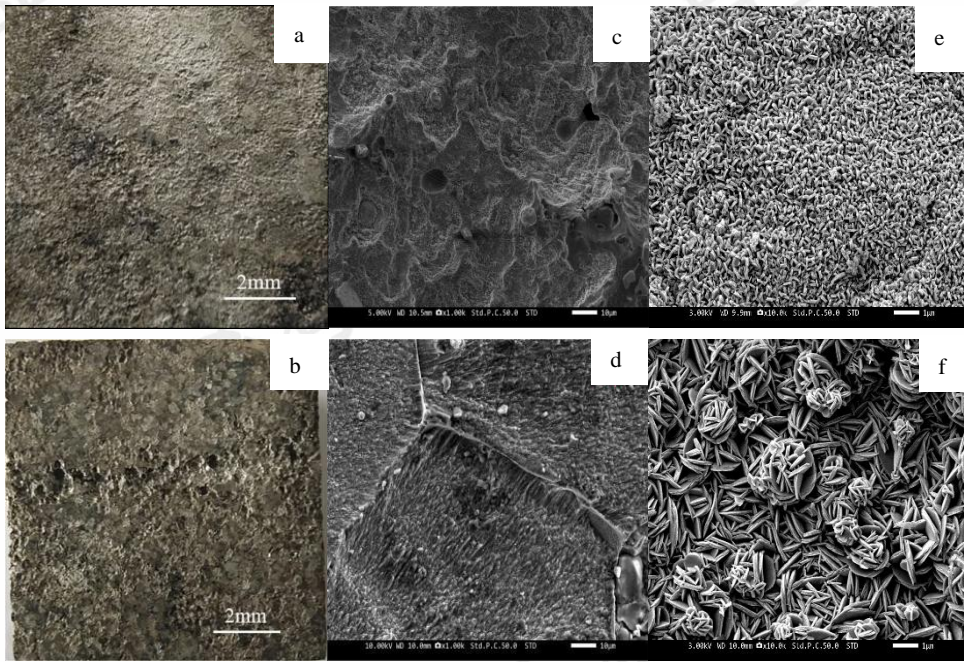


图 5 合金的表面图和扫描电镜图

Fig 5 Surface diagram and SEM diagram of the alloy

图 6 是 Mg-6Zn-1Y-0.25Ca(6k)和 Mg-6Zn-0.25Ca (10k)两种合金浸泡在 3.5%NaCl 水溶液 24 小时的氢气析出量变化图。图 6a (氢气析出量变化图) 显示出 6k 合金在 0-16 小时内的每个时间段氢气析出量呈明显增长趋势, 在 16-18 小时内氢气析出量开始减缓, 18 小时后的每个时间段产生的氢气稳定。10K 合金在 8 小时前氢气析出量都呈增长趋势。8 小时后每个时间段所产生的

氢气量几乎一样。在 0-6 小时时间内 10K 合金和 6K 合金产生的氢气量相等是因为 Mg 本身形成 $Mg(OH)_2$ 钝化膜有效的保护了镁合金, 但随着时间的推移, 6 小时后 10K 合金产生的氢气量远高于 6K 合金, 是由于 NaCl 水溶液中活性阴离子 Cl^- 的扩散和吸附破坏了 $Mg(OH)_2$ 钝化膜^[20], 使得镁合金的耐腐蚀性能减弱。

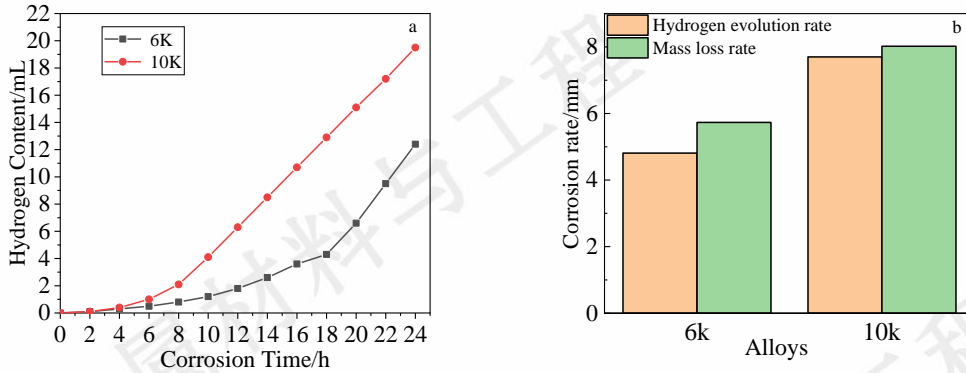


图 6 合金析氢和失重腐蚀情况图

Fig 6 Diagram of alloy hydrogen evolution and weightless corrosion

图 7 为两种合金的极化曲线图。喻兵等^[22]发现可以将极化曲线进行拟合根据 $P_i = 22.85J_{corr}$ ^[23] 求出电化学腐蚀速率, 见表 2 (合金电化学的自腐蚀电位和自腐蚀电流)。增强合金的自腐蚀电位, 降低自腐蚀电流密度可以改变合金的耐腐蚀性能^[24]。添加 1%Y 元素后 10K 合金的自腐蚀电位由原来的 -1.727V 提升到 -1.624V, 自腐蚀电流密度由原来的 $2.49 \times 10^{-5} \mu A \cdot cm^{-2}$ 减小到 $2.31 \times 10^{-5} \mu A \cdot cm^{-2}$ 。所以 Mg-6Zn-1Y-0.25Ca (6K) 合金的耐腐蚀性能优于 Mg-6Zn-0.25Ca (10K) 合金, 即添加

1%的 Y 元素可以增强 10K 合金的耐腐蚀性能。

综上, 失重及析氢实验表明 6K 合金腐蚀速率低于 10K 合金, 从极化曲线观察到在 6K 合金中, 自腐蚀电流密度降低, 形成的钝化膜更加稳定, 降低了腐蚀坑的形成。电化学实验表明 6K 合金的耐腐蚀性能优于 10K 合金。失重和析氢实验以及电化学实验结果一致表明添加 1%Y 元素可以使得 Mg-6Zn-0.25Ca 合金的耐腐蚀性能得到增强。

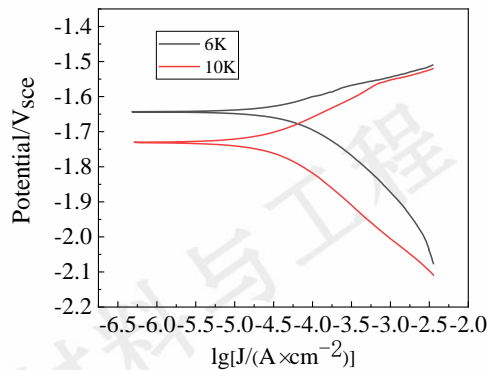


图 7 合金极化曲线图

Fig 7 Alloy polarization curve

表 2 合金电化学实验的自腐蚀电位和自腐蚀电流

Table 2 Self-corrosion potential and self-corrosion current of alloy electrochemical experiments

Alloy	E_{corr}/V	$J_{corr}/\times 10^{-5} \mu A \cdot cm^{-2}$	$P_i/mm \cdot a^{-1}$
10K	-1.727	2.49	0.569
6K	-1.624	2.31	0.528

3 讨论

镁合金的耐蚀性受组织均匀性和缺陷密度的影响^[25]。Jiang P 等^[26]研究表明合金中的第二相对耐腐蚀性能起到重要作用。本研究中 Mg-6Zn-0.25Ca (10K) 合

金具有宏观均匀性和微观不均匀性, 当加入 Y 元素后晶粒尺寸有所增加, 但是晶粒内生成新的第二相 Mg₁₂ZnY、Mg₃Y₂Zn₃, 使得第二相体积分数增加, 并且分布更加均匀。这可以在镁基体上形成更加密集的腐蚀膜层, 该腐蚀膜层可以阻碍腐蚀的进一步发生。加入 Y 元素后生成的 Mg₁₂ZnY、Mg₃Y₂Zn₃, 都分布在晶界附近或晶

枝间, 电化学性能较低。即加入 Y 元素后增强了 Mg-6Zn-0.25Ca (10K) 合金的耐腐蚀性能。

4 结论

- 1) Y 元素的添加使得均匀化态 Mg-6Zn-0.25Ca (10K) 合金生成新的第二相 $Mg_{12}ZnY$ 、 $Mg_3Y_2Zn_3$, 并使得 Mg_2Ca 相减少。
- 2) Y 元素的添加有效地降低了均匀化态 Mg-6Zn-0.25Ca (10K) 合金在 3.5%NaCl 水溶液 24 小时氢气的产生量, 即增强了 Mg-6Zn-0.25Ca (10K) 合金的耐腐蚀性能。
- 3) 在 Mg-6Zn-0.25Ca (10K) 合金中加入 Y 元素能提高自腐蚀电位, 同时降低自腐蚀电流密度, 从而提高合金的耐蚀性能。

参考文献 References

- [1]张永忠, 张奎, 樊建中等. 压铸镁合金及其在汽车工业中的应用[J]. 特种铸造及有色合金, 1999, (3): 54
- [2]李国佳, 王冲, 郭恩宇等. Ca 和 Sn 对 Mg-4Zn 合金组织和力学性能的影响[J]. 特种铸造及有色合金, 2022,42(10):
- [3]He S ,Peng L ,Zeng X , et al.Comparison of the microstructure and mechanical properties of a ZK60 alloy with and without 1.3ce:hsp sp=0.25/wt.% gadolinium addition[J].Materials Science Engineering A,2006, 433(1):175-181
- [4]SUN Y S, WEN K Z, YUAN G Y. Effect of Addition on Microstructure and Mechanical Properties of Magnesium Alloys [J]. The Chinese Journal of Nonferrous Metals,1999,9 (1) : 55-60
- [5]张大华,陈体军,郝远.微量Ca对Mg-Zn-RE-Zr合金组织及性能的影响[J].中国铸造装备与技术,2009(05):24-26
- [6]龚晓毅,戚文军,黄正华等.Ca对Mg-6Zn合金组织与力学性能的影响[J].特种铸造及有色合金,2014, 34(01): 96-101
- [7]丁雨田,郭兵,胡勇等.医用Mg-Zn-Ca-Mn合金在PBS模拟体液中的腐蚀行为[J].材料导报,2012,26(06):1-6
- [8]李雷. 基于生物医用的镁锌基合金力学及耐腐蚀性能研究[D].郑州大学,2012
- [9]常峰, 杨晓禹, 毛红奎等. Y 含量对镁合金铸态组织和耐腐蚀性能的影响[J]. 铸造技术,2016,37(05):880-882
- [10]解瑞军,陈芙蓉,李仕慧等.钇对AZ91D镁合金盐雾腐蚀行为的影响[J].铸造技术,2009,30(02):207-210
- [11]刘松. 稀土 Y、Gd 对 AM60B 镁合金组织及耐蚀性能影响[D].江汉大学,2020
- [12]马宏, 彭晓东, 谢卫东. 稀土 Y 对镁合金显微组织及腐蚀性能的影响[J]. 腐蚀科学与防护技术,2011,23(03):223

-227

- [13]Xu X C,Bai L Z,Wang Q Z, et al. Effect of Y on Microstructure and Corrosion Resistance of AZ61 Magnesium Alloy[J]. Advanced Materials Research,2011, 1333(284-286)
- [14]袁俊文, 卢雅琳, 张扬等. Y 对Mg-1Al-0.3Ca-0.3Mn-0.4Zn 合金微观组织、力学性能和腐蚀行为的影响[J]. 材料热处理学报,2023,44(06):54-61
- [15]张师,李全安,朱宏喜等.热处理对 Mg-11Gd-3Y-0.6Ca-0.5 Zr 合金显微组织和腐蚀行为的影响[J].材料导报,2020, 34(20):20070-20075
- [16]Shahri S M G, Idris M H, Jafari H, et al. Effect of solution treatment on corrosion characteristics of bio degradable Mg-6Zn alloy[J]. Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2015, 25(5): 1490-1499
- [17]庞浩, 李全安, 陈晓亚等. 热处理对 Mg-Gd-Y-Zr 合金组织、性能和腐蚀行为的影响[J]. 中国稀土学报, 2023,41(02):331-339
- [18]闫雪. 均匀化及热压缩对 Mg-Zn-Ca 合金组织及性能的影响[D]. 太原科技大学, 2022
- [19]袁卫华; 张兴军; 杨淑启; 刘子利. Y 对 Mg-Zn 合金组织和力学性能的影响[J]. 特种铸造及有色合金, 2008,(08):649-650+574
- [20]Suyun X, Xiaodong P, Junchen L, et al. Microstructure and corrosion resistance of Mg-5Al-1Sr-2Ca-XY alloy[J]. Rare Metal Materials and Engineering, 2014, 43(1): 52-56
- [21]刘文峰, 柴跃生, 孙钢. 镁及镁合金在 NaCl 水溶液中的腐蚀行为[J]. 铸造设备研究, 2008(06):22-24+53.
- [22]贾征, 喻兵, 付丽. Zn 对均匀化态 Mg-3Sn-Ca 镁合金耐腐蚀性能的影响[J]. 稀有金属材料与工程, 2023, 52(02): 568-574
- [23]贾征, 王芷苗, 付丽等. Zn 对均匀态 Mg-4Sn 合金组织及耐蚀性能的影响[J]. 特种铸造及有色合金, 2023, 43(08): 1025-1029
- [24]徐昕媚. Y 对 Mg-Sc 二元合金力学和腐蚀性能的影响[D]. 上海交通大学, 2020
- [25]Hu T ,Xiao W ,Wang F , et al.Improving tensile properties of Mg-Sn-Zn magnesium alloy sheets using pre-tension and ageing treatment[J].Journal of Alloys and Compounds,2018,7351494-1504
- [26]Jiang P ,Blawert C ,Scharnagl N , et al.Mechanistic understanding of the corrosion behavior of Mg4Zn0.

Effect of Y element on the corrosion resistance of homogeneous Mg-6Zn-0.25Ca magnesium alloy

GuoShuguo, Liu Quan, Jia Zheng, Kou Ronghui, Liu Xudong

Abstract:In this paper,The effect of Y on the homogenization of Mg-6Zn-0.25Ca in terms of corrosion resistance was studied. The microstructure and corrosion resistance of the homogenized Mg-6Zn-0.25Ca and Mg-6Zn-1Y-0.25Ca alloys were investigated by XRD, OM, SEM, weight loss, hydrogen evolution and polarization curve experiments. The results show that the second phase of the homogeneous Mg-6Zn-0.25Ca alloy is Mg_2Ca , and the average grain size increases slightly after the addition of Y element, the Mg_2Ca phase decreases, and new second phases $Mg_{12}ZnY$ and $Mg_3Y_2Zn_3$ are generated, and the volume fraction of the second phase increases and the distribution is more uniform. This results in the formation of a denser and more compact corrosion film on the magnesium matrix in the corrosion test, which can act as a barrier, and the newly formed $Mg_{12}ZnY$ and $Mg_3Y_2Zn_3$ are distributed near the grain boundary or between the branches, and the electrochemical performance is low. These results reduce the hydrogen precipitation of Mg-6Zn-0.25Ca alloy in 3.5% NaCl solution, increase the self-corrosion potential of Mg-6Zn-0.25Ca alloy by increasing the Y element, and reduces self-corrosive current density. These improve the corrosion resistance of homogeneous Mg-6Zn-0.25Ca alloys. Therefore, the corrosion resistance of Mg-6Zn-1Y-0.25Ca alloy is much higher than that of Mg-6Zn-0.25Ca alloy.

Keywords:Mg-6Zn-0.25Ca alloy, Mg-6Zn-Y-0.25Ca alloy, homogenization, corrosion resistance; Mg_2Ca phase

Corresponding author: Jia Zheng, Ph. D., Professor, School of Mechanical Engineering, Shenyang 110044,P.R.China, E-mail: jz140@163.com